

OEUVRES

COMPLÈTES

*(Jean)*

D'AUGUSTIN FRESNEL

PUBLIÉES

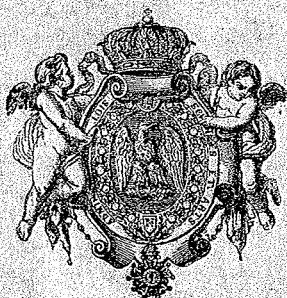
*(Hureau)*

*(Marcel)*

PAR MM. HENRI DE SENARMONT, ÉMILE VERDET

ET LÉONOR FRESNEL

TOME PREMIER



PARIS

IMPRIMERIE IMPÉRIALE

M DCCC LXVI

N° XXVIII.

## MÉMOIRE

SUR

## LA DOUBLE RÉFRACTION

QUE LES RAYONS LUMINEUX

ÉPROUVENT EN TRAVERSANT LES AIGUILLES DE CRISTAL DE ROCHE

SUIVANT DES DIRECTIONS PARALLÈLES À L'AXE<sup>(a)</sup>.

PRÉSENTÉ À L'ACADÉMIE DES SCIENCES LE 9 DÉCEMBRE 1822.

1. Avant les belles découvertes de Malus, on avait remarqué depuis longtemps que les deux faisceaux dans lesquels la lumière se divise en traversant un rhomboïde de spath calcaire y reçoivent cette modification singulière à laquelle il a donné le nom de *polarisation*, d'après les idées de Newton sur la cause physique du phénomène<sup>(b)</sup>. Ainsi Malus, à proprement parler, n'a pas découvert la polarisation de la lumière; mais il a montré le premier qu'on pouvait imprimer aux rayons, par la simple réflexion sur un corps transparent sous une incidence convenable, ou par leur passage oblique au travers d'une suite de lames diaphanes, la même modification qu'ils reçoivent quand ils

<sup>(a)</sup> Voyez comme introduction à ce Mémoire les N°s XVI, XVII et XXIII, et comme supplément le N° XXX.

<sup>(b)</sup> C'est à Huyghens qu'est due cette première remarque des phénomènes. (Voyez *Traité de la lumière*, chap. v, vers la fin.)

N° XXVIII. sont divisés en deux faisceaux distincts par les cristaux doués de la double réfraction.

On sait que lorsqu'on fait tomber un faisceau polarisé perpendiculairement sur une des faces naturelles d'un rhomboïde de spath calcaire, il s'y divise généralement en deux faisceaux d'intensités inégales, tandis que la lumière non polarisée donne toujours deux faisceaux sensiblement égaux en intensité. Si l'on fait tourner le rhomboïde de spath calcaire sur lui-même autour du rayon polarisé, comme axe, on remarque deux positions du rhomboïde dans lesquelles un des deux faisceaux s'évanouit entièrement et la lumière incidente n'éprouve plus qu'un seul mode de réfraction en traversant le cristal; dans un cas c'est la réfraction ordinaire, dans l'autre c'est la réfraction extraordinaire. Si l'on conçoit un plan passant par le rayon polarisé et par l'axe du , il tournera avec le rhomboïde, et pour les deux positions dont nous venons de parler il prendra successivement deux directions perpendiculaires entre elles; ainsi il y a deux plans rectangulaires menés par le rayon polarisé, qui sont tels que lorsque l'axe du cristal est parallèle à l'un d'eux, ce rayon n'éprouve plus qu'un seul mode de réfraction : on appelle *plan de polarisation* celui avec lequel il faut faire coïncider l'axe du cristal pour que le faisceau extraordinaire s'évanouisse. En faisant tourner graduellement la section principale du rhomboïde, c'est-à-dire le plan normal qui contient l'axe, on voit reparaître l'image qui s'était évanouie; son intensité augmente successivement jusqu'à ce qu'elle soit égale à celle de l'autre; ce qui arrive quand la section principale divise en deux parties égales l'angle droit des deux plans dont nous venons de parler. Si l'on continue de tourner le rhomboïde dans le même sens, l'image qui s'était évanouie devient plus lumineuse que l'autre, et celle-ci finit par disparaître à son tour, quand la section principale coïncide avec le second plan. Ainsi les propriétés du rayon polarisé ne sont pas les mêmes suivant ces deux plans et varient tout autour de lui.

Cette différence de propriétés des divers côtés d'un faisceau polarisé ne se manifeste pas seulement dans son passage au travers des

cristaux doués de la double réfraction, mais dans plusieurs autres circonstances que Malus a fait connaître et que nous ne croyons pas nécessaire de rappeler ici, le procédé que nous venons de décrire suffisant toujours pour distinguer la lumière polarisée de celle qui ne l'est pas.

2. Dans un Mémoire que j'ai eu l'honneur de lire à l'Académie, vers la fin de 1817<sup>(a)</sup>, j'ai fait connaître une nouvelle modification de la lumière, aussi générale ou pour mieux dire aussi uniforme que la polarisation elle-même, en ce que les rayons de diverses couleurs qui composent la lumière blanche la reçoivent tous à la fois et au même degré, comme cela a lieu pour la polarisation ordinaire. Voici en quoi ce procédé consiste: après avoir polarisé préalablement le faisceau lumineux, soit par son passage au travers d'un rhomboïde de spath calcaire, soit par sa réflexion sur une glace non étamée inclinée de  $35^\circ$ , on l'introduit dans un parallélipipède de verre, où il éprouve successivement, sur les deux faces opposées réflexions intérieures et complètes, sous l'incidence de  $50^\circ$  et suivant un angle relatif de  $45^\circ$  avec le plan primitif de polarisation. L'angle des faces d'entrée et de sortie du parallélipipède avec les deux faces réfléchissantes doit être tel que ces faces se trouvent à peu près perpendiculaires aux rayons incidents et émergents, afin qu'elles n'exercent sur eux aucune action polarisante.

La lumière en sortant du parallélipipède de verre paraît complètement dépolarisée, c'est-à-dire que si on l'analyse avec un rhomboïde de spath calcaire, elle présente toujours deux images blanches d'intensités égales, dans quelque azimut qu'on tourne la section principale du rhomboïde. Mais ce n'est pas néanmoins de la lumière ordinaire; car si on la fait passer à travers une lame mince de chaux sulfatée ou de cristal de roche, et qu'on l'analyse ensuite avec un rhomboïde de spath calcaire, au lieu de deux images blanches que la lumière directe don-

<sup>(a)</sup> Mémoire sur les modifications que la réflexion imprime à la lumière polarisée et Supplément, Nos XVI et XVII.

N° XXVIII. nerait dans ce cas, on observe deux images vivement colorées, mais dont les teintes sont différentes de celles qui auraient été développées da mêmes lames par la lumière simplement polarisée. Un autre caractèl' en remar(luable distingue encore la modification nouvelle dont il s'agit, et de la polarisation de Malus, et de l'absence de toute modification: c'est que la lumière ainsi modifiée reprend tous les caractères de la polarisation parfaite quand on lui fait éprouver deux réflexions complètes sous l'incidence de  $50^\circ$  dans l'intérieur d'un parallépipède de verre; alors le plan de polarisation des rayons émergents se trouve incliné de  $45^\circ$  par rapport au plan de réflexion, auquel on peut donner une direction quelconque: La lumière directe non modifiée ne prend au contraire aucune propriété nouvelle après deux réflexions complètes, et elles donnent à la lumière polarisée l'apparence d'une polarisation entière, si on l'analyse avec un rhomboïde de sparagite, quand le plan de réflexion fait un angle de  $45^\circ$  avec le plan primitif de polarisation, comme nous venons de le dire.

Ces expériences m'ont fait reconnaître que la lumière ainsi modifiée pouvait être considérée comme composée de deux faisceaux qui suivent la même route, mais sont polarisés dans des directions rectangulaires et diffèrent dans leur marche d'un quart d'ondulation. En introduisant cette définition de la modification nouvelle dans les mêmes formules qui m'avaient servi à calculer les phénomènes ordinaires de la réflexion des lames cristallisées, j'ai découvert les lois des teintes particulières que ces lames présentent quand, au lieu de lumière polarisée ordinaire, on y fait passer un faisceau polarisé par deux réflexions complètes. J'ai été conduit ainsi à plusieurs théorèmes curieux, et j'ai trouvé qu'on imitait les phénomènes de coloration que présentent les plaques de cristal de roche perpendiculaires à l'axe, et ces plaques homogènes, tels que l'esquime mince cristallisée parallèle à l'axe entre deux parallèles de verre dans lesquels la lumière incidente éprouvait la modification que je viens de définir, avant d'entrer dans la lame cristallisée et après sa sortie; l'axe

de la lame cristallisée doit faire un angle de  $45^\circ$  avec chacun des plans d'incidence des deux parallépipèdes, lesquels sont rectangulaires entre eux. Et en effet, si l'on fait tourner la section principale du rhomboïde avec lequel on analyse les rayons émergents, on observe des changements de couleurs semblables à ceux que donnent certains liquides ou les plaques de cristal de roche perpendiculaires à l'axe; et la nature de ces teintes ne dépend, comme dans ces cas, que des inclinaisons mutuelles du plan primitif de polarisation et de la section principale du rhomboïde de spath calcaire, c'est-à-dire des deux plans extrêmes de polarisation; car si, en leur conservant les mêmes directions relatives, on fait tourner sur lui-même le petit système de la lame cristallisée comprise entre les deux parallépipèdes de verre, on n'aperçoit aucune variation, ni dans la nature ni dans l'intensité des teintes . .

Il résulte des mêmes formules qu'un assemblage d'un nombre quelconque de pareils systèmes tournés dans tous les sens, produit le même effet que si les axes des lames comprises dans chacun d'eux se trouvaient parallèles; que les rayons qui passent par un tel système ordinaire dans la première lame n'éprouvent jamais, que la réfraction ordinaire. dans les lames suivantes, quels que soient les azimuts dans lesquels les autres appareils sont tournés; en sorte que la lumière ne peut traverser un pareil assemblage avec deux sortes de vitesses.

3. Ces conséquences, et les difficultés théoriques de la coloration de l'essence de térébenthine, me conduisaient naturellement à supposer que ce liquide, dans lequel j'avais démontré l'existence de la double réfraction par plusieurs expériences d'interférences, a ses particules constituées de telle sorte que chacune d'elles possède la double réfraction et imprime en outre aux rayons lumineux, à leur entrée et à leur sortie, la même modification qu'ils reçoivent par deux réflexions consécutives dans un parallépipède de verre. Pour achever de représenter fidèlement les phénomènes, il fallait supposer en outre que dans ces particules la double réfraction est très-différente pour les rayons de diverses couleurs, et en raison inverse de



N° XXVII. leur longueur d'ondulation, d'après la loi de M. Biot sur les déviations du plan de polarisation de la lumière totale qui a parcou un tube rempli d'essence de térébenthine <sup>(a)</sup>; car en admettant que la double réfraction de chaque espèce de rayon dans les particules de ce liquide, est en raison inverse de leur longueur d'ondulation, on trouve, par les formules d'interférences que j'ai employées, que la déviation du plan de polarisation du faisceau total de lumière homogène, au sortir du liquide, est en raison inverse du carré de la longueur d'access ou d'ondulation, comme M. Biot l'avait conclu de ses observations. Tels sont les principaux résultats' contenus dans un Mémoire présenté à l'Académie au commencement de 1818 (hl, et qu'il m'a paru nécessaire de rappeler ici pour l'intelligence des faits nouveaux.

Cette explication s'appliquait aux plaques de cristal de roche perpendiculaires à l'axe, comme à l'huile de térébenthine, puisque M Biot s'est assuré de l'identité des phénomènes de coloration qu'elles présentent. Cependant je n'ai jamais regardé l'hypothèse dont je viens de parler sur les modifications que la lumière éprouvait à son entrée dans les particules d'essence <sup>'benline</sup> et à sa sortie comme une réalité, mais seulement comme une manière de représenter les faits; quoique tous ceux que j'ai observés jusqu'à présent confirment les conséquences analytiques de cette explication; par exemple, que la lumière polarisée modifiée par deux réflexions complètes, qui développe de si vives couleurs dans les lames minces cristallisées, ne doit plus en produire dans l'essence de térébenthine, et dans les plaques de cristal de roche perpendiculaires à l'axe. Cet accord ne prouve pas en effet la réalité de l'hypothèse, mais seulement que les résultats sont les mêmes

<sup>(a)</sup> Extrait d'un Mémoire sur les rotations que certaines substances impriment aux axes de polarisation des rayons lumineux. (*Ann. de chimie et de physique*, t. IX, p. 372; t. X, p. 63.) — Mémoire sur les rotations que certaines substances impriment aux axes de polarisation des rayons lumineux. (*Mémoires de l'Académie des sciences de l'Institut*, t. II, p. 41, année 1817.)

<sup>(b)</sup> Mémoire sur les couleurs développées dans les fluides homogènes par la lumière polarisée. N° XXIII.

que si la lumière éprouvait dans chaque particule d'essence de téré- N° XXVIII.  
Jenthine les modifications dont je viens de parler. Mais sans approfondir la cause mécanique de ces phénomènes, je pouvais déduire des formules qui les représentaient si bien des conséquences, sinon certaines, du moins extrêmement probables, et annoncer des phénomènes singuliers, que je n'avais pas encore vérifiés par l'expérience.

4. C'est ce que j'ai fait à la fin d'une Note sur la double réfraction du verre comprimé, que j'ai eu l'honneur de lire à l'Académie le 16 septembre et qui a été publiée dans les Annales de chimie et de physique(a). J'ai annoncé que, si l'on mettait en évidence la double réfraction que la lumière éprouve dans le cristal de roche en le traversant parallèlement à l'axe des aiguilles, on trouverait que les deux faisceaux en lesquels la lumière se diviserait alors ne présenteraient aucune apparence de polarisation ordinaire, quand on les essayerait avec un rhomboïde de spath calcaire, et différeraient. cependant des rayons directs en ce que si on leur faisait éprouver dans un arahélipède de verre deux réflexions complètes sous l'incidence d'angle de 50° environ, ils seraient polarisés chacun suivant un plan incliné à 5° relativement au plan de réflexion, l'un à gauche et l'autre à droite de ce plan, ce qui n'arrive point. à la lumière ordinaire, que ces deux réflexions complètes laissent telle qu'elle était auparavant. Aussitôt que je l'ai vérifié, j'en ai tiré une conséquence curieuse de mes formules. J'ai pu annoncer d'après les mêmes formules les autres caractères de cette double réfraction; mais il suffisait d'indiquer celui que je viens d'énoncer, parce qu'il la distingue parfaitement de toutes les autres doubles réfractions observées jusqu'à présent.

En effet l'on avait trouvé jusqu'ici que la double réfraction des cristaux à deux axes comme celle des cristaux à un axe, polarise complètement les deux faisceaux en lesquels elle divise la lumière incidente,

(a) T. XX, p. 376, cahier d'août 1822. (Voyez N° XXVI.)



N° XXVIII. l'un suivant une direction, l'autre suivant une direction perpendiculaire. La double réfraction produite par la compression du verre est accompagnée des mêmes phénomènes de polarisation, comme on peut s'en convaincre avec le petit appareil que j'ai eu l'honneur de mettre sous les yeux de l'Académie, et au moyen duquel on obtient deux images distinctes. On serait donc tenté de croire au premier abord que c'est une règle générale applicable à toute espèce de double réfraction ; mais il n'en est plus ainsi pour celle que la lumière éprouve quand elle traverse les aiguilles de cristal de roche dans des directions sensiblement parallèles à leurs axes. Les deux faisceaux lumineux en sortent modifiés de la même manière qu'ils l'auraient été par le procédé que nous avons rappelé. Voilà donc maintenant, pour cette modification nouvelle, deux manières de la produire analogues aux deux moyens principaux qu'on emploie pour polariser la lumière. L'une consiste dans la division du faisceau de lumière directe par une double réfraction particulière, et l'autre dans une certaine combinaison de réflexions, la première en dehors du verre, sous une inclinaison de  $35^\circ$ , et les deux suivantes dans l'intérieur de cette substance sous une incidence de  $50^\circ$ .

Pour obtenir la séparation de la lumière en deux faisceaux distincts dans la double réfraction très-faible que le cristal de roche exerce suivant son axe, j'ai fait tailler un prisme de cristal dont les faces d'entrée et de sortie étaient également inclinées sur l'axe et formaient entre elles un angle de  $152^\circ$ , et j'ai d'abord achromatisé ce prisme aussi bien que je l'ai pu avec deux demi-prismes de glace de Saint-Gobain, dont les angles réfringents étaient beaucoup moindres que la moitié de  $152^\circ$ , parce que le crown de Saint-Gobain est plus dispersif que le cristal de roche. Quoiqu'on puisse se servir à la rigueur de cet appareil, et qu'il m'ait suffi pour mes premières vérifications, comme il ne m'a pas paru susceptible d'un achromatisme parfait, j'ai songé que je remplirais mieux cette condition en remplaçant les deux demi-prismes de crown par deux demi-prismes de cristal de roche, dont la double réfraction suivant l'axe serait d'un genre opposé à celle du prisme intermédiaire. Car, ainsi que M. Biot l'a remarqué le premier,

il y a des plaques de cristal de roche qui font tourner le plan de polarisation de la lumière incidente de gauche à droite, tandis que d'autres le font tourner de droite à gauche<sup>(a)</sup> : or je pouvais conclure de là, d'après la représentation théorique que j'avais trouvée de ces phénomènes, que celui des deux faisceaux qui traversait le plus vite la première espèce de cristal devait, au contraire, marcher le plus lentement dans la seconde, et conséquemment que les déviations angulaires produites par les deux demi-prismes achromatisants devaient s'ajouter à ce Be. qui proviendrait du prisme obtus s'il était d'espèce contraire, au lieu de s'en retrancher; comme cela arrive Taits'ils étaient de même espèce, à cause de l'opposition des angles réfringents. C'est en effet ce qui a lieu, et l'on obtient de cette manière une séparation très-sensible des deux images, qu'on pourrait encore augmenter en multipliant le nombre des prismes.

'5. Je crois qu'on parviendrait par un procédé analogue à mettre tout à évidence la double réfracti liquides qui jouissent des propriétés opti pla che perpendiculaires à l'axe, te en, etc. en employant un appareil analogue à ce sences de citron et de térébenthine font tourner le plan de polarisation de la lum' sens c es, on pourrait combiner des prismes creux remplis d'essence de térébenthine avec des prismes contenant de l'essence de citron, qui achromatiseraient ceux-là et augmenteraient en même temps la divergence des deux faisceaux lumineux. J'estime que quarante prismes suffiraient pour rendre la séparation des deux images très-sensible; mais à cause de ce grand nombre de prismes et de l'ouverture considérable de leurs angles réfringents, l'achromatisme deviendrait sans doute très-difficile. Peut-être le faciliterait-on en mêlant avec une de ces huiles essentielles quelque autre liquide, tel que l'es-

<sup>(a)</sup> Expériences sur les plaques de cristal de roche taillées perpendiculairement à l'axe de cristallisation. (*Mémoires de la Classe des sciences mathématiques et physiques de l'Institut, pour 1812, 1<sup>re</sup> partie, p. 218.*)

N° XXVIII. prit-de-vin. Ces mélanges de liquides présentent en général tant de ressoU e ce genre que j'ai peine à croire l'expérience impraticable, et, quoiqu'elle doive être longue en tâtonnements et assez dispendieuse, l'aurais tentée si je ne m'étais assuré depuis longtemps par des procédés d'interférences que la lumière parcourt l'esselle de térébenthine avec deux vitesses différentes, et que cette double réfraction a les mêmes caractères que celle du cristal de roche suivant l'axe, identité qu'on pouvait déjà conclure, au moins comme très-probable, de la similitude parfaite que M. Biot avait reconnue dans leurs phénomènes de coloration.

Ayant obtenu, par la combinaison de deux espèces différentes de cristal de roche, un appareil qui présente avec netteté les effets de la double réfraction suivant l'axe des aiguilles, j'ai pu vérifier les principales consés des formules par lesquelles j'avais représenté les propriétés optiq es de l'essence de térébenthine et des plaques de cristal de roche perpendiculaires à l'axe, dans le Mémoire soumis à l'Académie au commencement de 1818.

6. D'abord j'ai reconnu que cette double réfraction était très-différente pour les rayons de diverses couleurs, et beaucoup plus forte pour les rayons rouges que pour les rayons violets, comme les phénomènes de coloration de l'essence de térébenthine m'avaient conduit à le supposer. Il suffit de regarder une ligne lumineuse au travers du prisme achromatisé que je viens de décrire, et l'on remarquera que les deux images sont bordées d'une frange d'un bleu violâtre sur les côtés extrêmes, et au contraire d'un rouge fauve sur les deux côtés les plus voisins l'un de l'autre; et même, lorsque la ligne brillante a une largeur un peu sensible, le milieu de l'intervalle qui sépare les deux images, au lieu d'être entièrement obscur, présente un rouge sombre. On pourrait à la rigueur mesurer cette dispersion, qu'on doit appeler *dispersion de double réfraction*, et comparer ces mesures prises pour les sept principales espèces de rayons avec les différences entre leurs doubles réfractions, qu'on déduit de la loi de M. Biot sur la déviation des plans de polarisation dans les plaques perpendiculaires à l'axe, ou

même avec les résultats que j'avais obtenus antérieurement à la découverte de cette loi en compensant l'effet polarisant d'un tube rempli d'huile de térébenthine par une lame de chaux sulfatée parallèle à l'axe. Mais cette vérification, que j'essayerai peut-être plus tard et dont je regarde le résultat comme infaillible, exigerait beaucoup de précautions et un appareil soigné; je me suis contenté pour le moment de la vérification grossière que présente le simple aspect des deux images, qui suffit pour démontrer que la dispersion de cette double réfraction est très-grande relativement à la double réfraction elle-même, comme je l'avais annoncé dans mon Mémoire sur les phénomènes de coloration de l'essence de térébenthine.

Il résultait aussi de mes formules que la lumière simplement polarisée, comme la lumière ordinaire, devait toujours donner deux images d'égale intensité quand on lui faisait éprouver cette double réfraction, quel que fût d'ailleurs l'azimut de son plan de polarisation; tandis que la lumière polarisée modifiée par deux réflexions complètes ne devait plus donner qu'une seule image, tantôt celle qui éprouve la réflexion la plus forte, et tantôt celle qui éprouve la plus faible, selon que le plan des deux réflexions successives aurait été dirigé à droite ou à gauche du plan primitif de polarisation, et aussi, d'après ce que nous avons dit précédemment, selon la nature des aiguilles de cristal de roche. Dans les premières c'est la lumière modifiée de droite à gauche qui est la plus forte, et dans les autres, la lumière modifiée de gauche à droite.

7. Les deux faisceaux produits par cette double réfraction devant offrir les mêmes caractères que deux faisceaux de lumière préalablement polarisée qui ont ensuite éprouvé deux réflexions complètes, dans des azimuts de  $45^\circ$  relativement au plan primitif de polarisation, l'un à droite de ce plan et l'autre à gauche, il s'ensuit qu'en faisant passer les deux faisceaux émergents dans un second prisme de cristal de roche, parallèlement à l'axe, chaque faisceau doit y éprouver la même réfraction que dans le premier prisme, si ces deux prismes sont de même espèce, et la réfraction contraire s'ils appartiennent à des

N° XXVIII. aiguilles d'espèces opposées. Mais dans tous les cas la superposition de ces deux prismes et même d'un nombre plus grand de prismes pareils, toujours traversés par les rayons suivant des directions à peu près parallèles aux axes, ne doivent donner jamais que deux images du même objet, dans quelques azimuts qu'on les tourne d'ailleurs les uns par rapport aux autres; tandis qu'avec les doubles réfractions observées jusqu'à présent on peut toujours obtenir quatre images par la superposition de deux prismes, huit avec trois prismes, et ainsi de suite.

Toutes ces conséquences de mes formules se trouvent confirmées par l'expérience. Je dois dire cependant que je n'ai pas combiné ensemble plus de deux prismes, et que l'un d'eux étant achromatisé avec du crown, je n'ai pas fait des observations aussi nettes et aussi sûres que s'il avait été achromatisé comme l'autre avec du cristal de roche de l'espèce opposée. Mais une fois qu'il est bien établi par l'expérience que les faisceaux sortant du premier prisme sont modifiés précisément par la lumière qui a éprouvé les deux réflexions complètes, et que cette lumière ne forme qu'une image à travers le prisme, il est évident qu'un nombre quelconque de prismes pareils traversés par la lumière ordinaire ne la diviseront jamais qu'en deux faisceaux.

Si je n'ai annoncé dans la note précédente qu'une seule de ces conséquences, c'est que les autres en découlaient nécessairement. Car d'après les principes d'interférences, toute lumière qui prend les caractères de la polarisation ordinaire par les deux réflexions complètes, qui dépolarisent entièrement la lumière polarisée, doit être modifiée de la même manière que la lumière polarisée après ces deux réflexions complètes; et de là résultent tous les autres phénomènes que je viens de décrire.

Mais ne consultant que les faits, nous voyons d'abord que les deux faisceaux en lesquels la lumière directe se divise par la double réfraction dont il s'agit se comportent chacun comme la lumière polarisée modifiée par deux réflexions complètes : 1° quand on les analyse avec un rhomboïde de spath calcaire, puisqu'ils donnent toujours chacun

deux images d'intensités égales, dans quelque azimut qu'on tourne la section principale du rhomboïde; 2° quand on leur fait éprouver deux réflexions complètes dans l'intérieur d'un paraUépipède de verre, sous l'incidence de 50° environ, puisqu'ils se trouvent alors polarisés suivant deux plans inclinés de 45° sur le plan de réflexion, l'un à gauche, et l'autre à droite de ce plan.

S. J'ai voulu encore m'assurer par une autre expérience de l'identité des modifications que la lumière éprouve dans ces deux cas, en comparant les couleurs que les faisceaux résultant de cette double réfraction produisent dans les lames cristallisées avec les teintes développées dans les mêmes lames par la lumière polarisée, qui a éprouvé la double réflexion complète: or j'ai trouvé qu'elles étaient absolument pareilles. Il est donc bien démontré que ces deux procédés donnent à la lumière la même modification.

EUe présente ce caractère remarquable que le rayon lumineux qui l'a réprîétés tout autour de lui, se comporte enfin de la même manière de quelque côté qu'on le prenne. Car si on lui fait traverser un rhomboïde de spath calcaire, il donne toujours deux images blanches de la même intensité, que sens qu'on tourne la Section principale du rhomboïde; si le rayon est réfléchi (eux fois e s l'uté . verre, sous l'incidence 0°, il est toujours polarisé suivant un plan incliné de 45° sur le plan d'incidence, quelque azimut qu'on ait choisi pour celui-ci; seulement son nouveau plan de polarisation peut être à droite ou à gauche du plan de réflexion, selon que le rayon aura reçu la modification de droite à gauche ou celle de gauche à droite; enfin quand on lui fait traverser une lame mince cristallisée, et qu'on analyse la lumière émergente avec un rhomboïde de spath calcaire, on observe les mêmes teintes, dans quelque sens qu'on dirige l'axe de la lame cristallisée, en la laissant perpendiculaire au rayon, et l'absence de couleur, comme le maximum de coloration, a toujours lieu quand la section principale du rhomboïde est parallèle ou perpendiculaire à celle de la lame, et quand elle fait avec elle un angle de 45°.



N° XXVIII.

Au contraire, un rayon qui a reçu la polarisation ordinaire présente des propriétés différentes autour de lui dans les divers azimuts, et ne se comporte pas de la même manière de quelque côté qu'on le prenne : il est surtout deux directions rectangulaires dans lesquelles il offre des caractères très-différents; quand on lui fait traverser un rhomboïde de spath calcaire dont la section principale est parallèle à la première direction, il y éprouve seulement la réfraction ordinaire, et il subit la réfraction extraordinaire quand cette section principale est parallèle à l'autre direction.

9. D'après la seule considération des faits, on pourrait donner le nom de *polarisation rectiligne* à celle qu'on avait observée depuis longtemps dans la double réfraction du spath calcaire, et que Malus a le premier remarquée dans la lumière réfléchie sur les corps transparents, et nommer *polarisation circulaire* la nouvelle modification dont je viens de décrire les propriétés caractéristiques : elle se divisera naturellement en *polarisation circulaire de gauche à droite*, et *polarisation circulaire de droite à gauche*. Ces dénominations, qui m'ont été suggérées par l'hypothèse que j'ai adoptée sur les vibrations lumineuses, indiquent la nature même de leurs mouvements dans les deux cas; mais, craignant d'abuser des moments de l'Académie, j'ai cru devoir me borner ici à justifier les noms nouveaux que je propose par la simple exposition des faits. Les développements théoriques trouveront naturellement leur place dans un supplément, que je joindrai à ce Mémoire<sup>(a)</sup>.

10. Entre la polarisation rectiligne et la polarisation circulaire, il existe une foule de degrés intermédiaires de polarisations diverses, qui participent des caractères des deux autres, et auxquels on pourrait donner les noms de *polarisations elliptiques*, d'après les mêmes vues théoriques. On peut produire divers genres de polarisation, soit par une

---

<sup>(a)</sup> Ce supplément n'a probablement jamais été composé; mais le Mémoire sur la double réfraction, imprimé au tome VII des Mémoires de l'Académie, contient la théorie suffisamment complète de la polarisation circulaire et de la polarisation elliptique. (Voyez N° XLVIII. § 10 à 15.)

seule réflexion complète, ou plusieurs réflexions semblables, en faisant varier l'angle d'incidence; soit toujours par deux réflexions complètes sous l'incidence de  $50^\circ$ , mais en faisant varier l'angle que le plan de réflexion fait avec le plan primitif de polarisation, angle que nous avons supposé jusqu'à présent de  $45^\circ$ .

Les lois d'interférence des rayons polarisés donnent un moyen bien simple de comparer tous ces différents genres de polarisation et de les comprendre dans une formule générale. Nous avons déjà dit qu'un faisceau de lumière polarisé circulairement pouvait être considéré comme composé de deux faisceaux d'égale intensité polarisés suivant des directions rectangulaires, et différant dans leur marche d'un quart d'ondulation. Quand le faisceau qui précède l'autre dans sa marche a son plan de polarisation à gauche de celui du faisceau en retard, la polarisation circulaire est de gauche à droite; elle est de droite à gauche dans le cas contraire, ou lorsque, les plans de polarisation étant disposés comme nous le supposons d'abord, la différence de marche est égale à trois quarts d'ondulation au lieu d'un quart.

Quand la différence de marche est d'une demi-ondulation ou d'une ondulation entière, ou, en général, d'un nombre entier de demi-ondulations, la réunion des deux faisceaux offre constamment tous les caractères de la polarisation rectiligne. Si les deux faisceaux sont de même intensité, comme nous l'avons supposé, le plan de polarisation du faisceau composé divise en deux parties égales l'angle des deux faisceaux constituants; s'ils sont d'intensités inégales, ce plan s'approche davantage du plan de polarisation du faisceau le plus intense, et les cosinus des angles qu'il fait avec les plans de polarisation des deux faisceaux constituants sont proportionnels aux racines carrées des intensités respectives de ces deux faisceaux.

11. Quand la différence de marche entre les deux faisceaux (supposés toujours d'égale intensité) n'est ni un nombre pair, ni un nombre impair de quarts d'ondulation, mais un nombre fractionnaire de quarts d'ondulation, alors la lumière totale ne possède ni la polarisation circulaire, ni la polarisation rectiligne, mais une polarisation d'un genre

N° XXVIII. intermédiaire, telle que celle dont nous venons de parler; elle approche plus de la polarisation circulaire où de la polarisation rectiligne, selon que la différence de marche entre les deux faisceaux se rapproche plus d'un nombre impair, ou d'un nombre pair de quarts d'ondulation. En faisant varier graduellement cette différence de marche, on aura tous les genres de modification intermédiaires entre la polarisation rectiligne et la polarisation circulaire.

On peut les obtenir encore avec une différence de marche égale à un nombre impair de quarts d'ondulation, en faisant varier les intensités relatives des deux faisceaux constituants, ou l'angle que leurs plans de polarisation font entre eux. Des calculs très-simples montrent comment ces diverses combinaisons rentrent les unes dans les autres.

12. Dans tout ce que je viens de dire j'ai toujours supposé la différence de marche entre les deux faisceaux polarisés à angle droit proportionnelle à la longueur d'ondulation de l'espèce de rayons que l'on considérait; ainsi, en parlant en général d'une différence de marche d'un quart d'ondulation, j'entends une différence d'un quart d'ondulation rouge pour les rayons rouges, d'un quart d'ondulation violette pour les rayons violets, et ainsi des autres. C'est précisément à cause de cette similitude de modification (au moins très approchée), que les divers rayons reçoivent dans les réflexions complètes, dont je viens de parler, que la lumière blanche ainsi modifiée ne présente aucune coloration sensible, quand on l'analyse avec un rhomboïde de spath calcaire.

Il n'en est plus ainsi dans les beaux phénomènes que M. Arago a découverts en faisant passer de la lumière polarisée à travers des lames minces cristallisées, et l'analysant ensuite avec un rhomboïde de spath calcaire. La lumière émergente est bien composée de deux faisceaux polarisés à angle droit, l'un parallèlement à l'axe de la lame, l'autre suivant une direction perpendiculaire, et qui, n'ayant point parcouru cette lame avec la même vitesse, diffèrent dans leur marche d'un certain intervalle dépendant de son épaisseur et de l'énergie de la double réfraction. Mais cet intervalle n'est pas pour les divers rayons

proportionnel à leur longueur d'ondulation; il est à peu près le même N° XXVIII. pour les rayons de diverses couleurs, du moins dans beaucoup de cristaux, tels que le sulfate de chaux, le mica, les lames de cristal de roche parallèles à l'axe, etc. et quand il diffère d'une manière notable d'un rayon à l'autre, loin que ce soit en se rapprochant de la proportionnalité aux longueurs d'ondulation, il paraît que c'est toujours dans un sens contraire. Il résulte de là qu'é, si la différence de marche provenant de la double réfraction de la lame cristallisée répond à trois quarts d'ondulation pour les rayons rouges, par exemple, elle ne répondra pas à trois quarts d'ondulation pour les rayons verts, dont la longueur d'ondulation est plus petite, et qu'ainsi les rayons de diverses couleurs auront été diversement modifiés. C'est précisément à cette diversité que tiennent les phénomènes de coloration que présente la lumière blanche au sortir d'une lame cristallisée, quand on l'analyse avec un rhomboïde de spath calcaire.

Si l'on voulait, au moyen d'une pareille lame, imprimer à des rayons un mode de polarisation *unique*, il faudrait employer de la lumière aussi homogène que possible, et amincir la lame ou l'incliner légèrement, jusqu'à ce que la différence de marche entre les deux faisceaux fût égale à un nombre impair de fois le quart de la longueur d'ondulation des rayons employés, si c'est la polarisation circulaire, par exemple, qu'on veut leur imprimer. Ainsi je suppose qu'on se serve de lumière rouge et qu'après l'avoir polarisée préalablement, on lui fasse traverser une lame cristallisée dont l'axe soit tourné dans un azimut de 45°, et dont l'épaisseur soit telle que la différence de marche entre les rayons ordinaires et extraordinaires se trouve égale à  $\frac{3}{4}$  d'ondulation rouge; alors la lumière émergente étant composée de deux faisceaux égaux en intensité, polarisés à angle droit, et différant dans leur marche d'un quart d'ondulation; devra présenter tous les caractères de la polarisation circulaire : si on lui fait traverser un rhomboïde de spath d'Islande, elle donnera toujours deux images de même intensité, dans quelque azimut qu'on tourne la section principale du rhomboïde; c'est ce que j'avais vérifié par l'expérience depuis longtemps; si on lui fait